科技发展如何处理好开放与自主的关系

包云岗　孙凝晖*

中国科学院计算技术研究所　北京　100190

摘要　中国领导层始终坚持开放，强调开放是国家进步的前提，同时又强调应大力提升自主创新能力，尽快突破关键核心技术。处理好科技发展过程中开放和自主的关系，是诸多科研机构、科研人员需要面临的问题。然而，很多人直觉上认为两者无法兼顾，甚至将两者对立起来。文章对开放模式进行分类，进而导出在科研实践中处理好开放与自主的关系的2条基本原则，并以此剖析中国计算机事业开创阶段关于开放与自主的经典决策案例，进一步回顾中国科技发展过程中的开放实践历程。最后，针对处理器芯片领域，论述了基于开源模式、兼顾开放与自主的发展路线的可行性。

关键词　开放，自主，科技

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20210420001

1 科技发展中关于“开放与自主”的2条原则

2020年11月3日，习近平总书记在《关于〈中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议〉的说明》中提到，建议稿起草过程中要注意把握5条原则，其中第3条为“处理好开放和自主的关系，更好统筹国内国际两个大局”。

从国家层面来看，开放与自主均是重要的发展目标。然而，在实践过程中，很多人却往往无法兼顾开放与自主，甚至认为两者之间存在矛盾。事实上，国家领导层始终坚持开放是发展的大方向，是我们不能摒弃的大原则。2020年11月19日，亚太经合组织工商领导人对话会上，国家主席习近平明确指出：“开放是国家进步的前提，封闭必然导致落后。……中国也早已同世界经济和国际体系深度融合。我们绝不会走历史回头路，不会谋求‘脱钩’或是搞封闭排他的

---

*通信作者
资助项目：中国工程院战略研究与咨询项目（2021-xy-32）
修改稿收到日期：2021年5月7日

‘小圈子’。”

国家的开放涉及很多方面，诸如市场、经济、文化、娱乐等，本文则聚焦科技。当前，我国科技领域面临诸多“卡脖子”技术亟待攻克，因此本文主要讨论：在技术发展水平相对落后的情况下，如何在开放环境下提升关键核心技术的自主研发能力。

一个国家在科技领域的开放，具体表现为该国通过贸易或援助等方式引进其他国家的装备、技术、人才等要素资源。从过去几十年的国际技术贸易来看，存在4种不同的开放模式，按照它们对发展自主研发能力所产生的作用由弱到强排列：① 引进产品，开放本土市场销售进口产品与服务，无本土研发；② 引进外资，在本土设立外资企业或合资企业，不易获取核心技术，但有助于培养本土人才；③ 引进知识产权，获取国外先进技术授权或技术方案，在本土实现“消化—吸收—再创新”；④ 引进人才，掌握先进技术的海外人才在本土研发关键核心技术。

开放能为一个国家的民众带来价廉物美的商品，提供高水平的服务，但也很容易导致一个国家的自主研发能力停滞不前，这也是巴西、阿根廷等诸多拉美国家落入“中等收入陷阱”的主要原因之一。科学技术是第一生产力，针对“科技发展如何处理好开放与自主的关系”这一问题，笔者提出2条基本原则：① 人才是实现自主能力的根本；② 好的开放应能促进人才质和量发展。

基于上述4个分类的分析框架，我们认识到：不管是引进知识产权进行“消化—吸收—再创新”，还是独立研发关键核心技术，归根结底是需要在本土具备足够规模的高水平人才。因此，开放的一个重要目标就是要增加高水平人才。然而，对于落后国家，完全依靠国家自身基础和条件来培养高水平人才，是一件很有挑战的事。如果通过开放引进在先进国家培养的人才到本土研发技术，或引进国外先进的思想、技术和管理来加速本土人才的培养，那么这样的开放便是积极的、有意义的。

诚然，人才只是必要条件，有了人才还要有正确的谋略，包括：如何加强本土产业链的聚集与发展；如何以实力促使对手与我们进行专利交叉许可授权；如何在全球建立统一战线，共同培育新的产业生态等。限于篇幅，本文便不再展开论述。

2 案例分析：中国计算机事业的创立

以20世纪50年代中国科学院计算技术研究所筹建过程为例[1]，当时中国计算机事业尚未开启，老一辈计算机专家同样面临如何处理好开放和自主的关系，他们最终做出了2个关键决策。

（1）先仿制后创新，仿制为了创新。当时老一辈计算机专家认为，通过在大学中设立相关专业、从培养学生学习理论基础开始，时间周期太长，满足不了国家急迫的需要。于是他们决定，先根据苏联现成的电子计算机和图纸进行仿制，在仿制过程中学习技术，为未来的自主创新奠定基础。

（2）在中国本土仿制，而不是送人去苏联仿制。老一辈计算机专家认为，在中国国内仿制苏联的计算机，能迅速建立和培植中国自己的科研队伍、工业生产队伍、应用队伍和管理队伍，而这是中国计算机事业的基础。

中国计算机事业的先驱们综合考虑了中国当时的学科基础、长远目标、经费开销等因素，做出了非常务实的决策，遵循“人才是实现自主能力的根本”这一原则，很好地处理好了开放与自主的关系，实现了中国计算机事业“从0到1”的突破。

3 中国开放实践回顾

纵观中国开放的实践历程[2]，4种开放模式往往是混合实施，在不同的阶段会有不同的侧重。

（1）新中国刚成立的前30年（1949—1978年）。我国工业体系的建立主要靠大规模引进成套技

术设备产品，同时引进消化各类相对落后的技术方案；并以此为基础，培养了一批骨干人才，形成了一定的自主研发能力，但与国际先进水平仍有较大差距。与工业领域不同，那段时间的国防领域主要以引进人才为主，钱学森、钱三强、邓稼先等一批海外人才归国，为“两弹一星”作出了不可磨灭的贡献，让我国具备了战略国防力量的自主研发能力。

（2）改革开放的头20年（1979—2000年）。我国主要采取了“以市场换技术”路线，目标是通过开放本土市场来引进产品、外资与知识产权等多种要素资源。这一时期，我国引进各类装备和技术方案的金额从1979年的24.85亿美元增长到2000年的181.76亿美元[2]；同时，通过合作生产、合资办企业、独资设分支机构等方式引进大量外资，培养了一批技术人才与管理人才。但这段时间大量优秀人才出国留学，人才以外流为主，一定程度上削弱了自主研发能力。

（3）加入世界贸易组织（WTO）后（2001年至今）。我国在4种开放模式上更趋于平衡，尤其在引进知识产权和引进人才方面得到显著改善。国家在引进高铁、2G/3G通信、液晶显示、开源软件等一批国际先进技术的同时，更重视“吸收—消化”的能力建设，因而培养出大批本土技术人才；这些人才又逐步具备了“再创新”的能力，发展出5G通信等国际领先的技术。开放的政策也吸引大批海外人才选择归国创新创业，研发核心技术。得益于中国高水平人才数量和质量不断提升，中国的科技实力也不断增长。

回顾中国科技发展过程中的开放实践历程，自主研发能力的相对起伏，都和人才培养、人才流向紧密相关，这也印证了“人才是实现自主能力的根本”这一原则。

4 对中国处理器芯片产业发展的启发

芯片产业是影响一个国家长远发展的战略产业。其中，处理器芯片是电子设备的“大脑”，支撑了占我国国内生产总值（GDP）约1/6的信息产业。然而，我国核心处理器芯片在全球市场份额比例仍不到1%，电子产品严重依赖进口处理器芯片。2019年我国集成电路进口总额为3 040亿美元，其中处理器芯片进口额高达1 423亿美元（占比46.8%），且主要从美国进口，面临重大“卡脖子”风险。

“如何处理好开放和自主的关系，更好统筹国内国际两个大局”，对于这个问题，我国处理器芯片产业面临的挑战尤为突出。一方面需保障我国出口金额达上万亿美元的电子产品的国际竞争力，另一方面需保障党、政、军等关键领域的信息基础设施和核心装备的自主可控。围绕这两大目标，过去20年我国处理器芯片产业逐步形成3条不同发展路线，分别被称为A、B、C体系[3]。

（1）A体系。一批国产处理器芯片企业走引进国外技术、与知识产权兼容已有成熟生态的发展路线。例如，“海光”“兆芯”基于X86处理器生态，“海思”“飞腾”则基于ARM处理器生态。A体系开放性强，部分国产CPU已具有国际市场竞争力。但由于X86生态和ARM生态均由美欧企业独立构建，基于A体系的国产处理器需获得指令集授权或CPU IP核授权，自主性相对偏弱。

（2）B体系。以“龙芯”和“申威”为代表的国产处理器芯片企业早期分别采用国外指令集MIPS与Alpha，在“消化—吸收”后实现“再创新”，设计自主定义指令集，并独立构建生态。B体系自主性最强，但生态构建也面临诸多挑战。

（3）C体系。最近10年以开放指令集RISC-V为代表的开源芯片模式成为新趋势，吸引了包括华为、中兴、阿里、展锐等一批头部企业及大量初创企业积极投入。C体系核心理念与5G通信技术发展模式相同——全世界共同制定标准规范，各国企业根据标准规范自主实现产品，投入多、贡献大，则主导权大。

该模式能较好地兼顾开放与自主[3]。

过去我国在处理器芯片领域主要在A体系与B体系2条路线上投入，取得了长足的进步，但与发达国家相比仍有较大差距，尤其是在高水平人才方面。A体系与B体系在过去20年为中国培养了一批优秀的处理器芯片设计人才，但仍然远远不够。据一项统计显示，2008—2017年在处理器芯片架构领域的优秀人才85%在美国就业，仅有4%在中国，差距巨大[4]。因此，要加快自主研发能力的建设，根本解决之道依然是人才——急需加快高水平人才的培养速度，扩大培养规模。

能兼顾开放与自主的C体系通过开源开放模式，大幅降低了芯片设计门槛。2019年中国科学院大学启动了“一生一芯”计划，5位本科生实现了在4个月内完成了一款64位可运行Linux操作系统的RISC-V处理器的设计，并引起了社会积极反响，这正是得益于基于开源芯片生态与芯片敏捷设计方法的C体系的发展。事实上，C体系目前仍处于发展初期，中国应加大对C体系的投入，因为它不仅能加速芯片设计人才的培养速度与培养规模，释放我国工程师红利，还能充分发挥我国市场大、应用场景多的优势，成为未来处理器芯片生态的主导力量。

5 总结

新中国成立70余年来，我国的科技实力得到巨大的提升，如今论文发表总数、高被引用论文数、国际《专利合作条约》（PCT）专利等多项指标位居国际前列，这离不开中国一系列大力开放的措施，也离不开在开放过程中始终坚持提升自主能力的战略定力。只要遵循“人才是实现自主能力的根本”与“好的开放应能促进人才质和量的发展”这2条基本原则，并结合正确的谋略，相信就能在开放环境下提升关键核心技术的自主研发能力，就能处理好科技发展过程中开放与自主的关系。

参考文献

1 孟凡刚. “以任务带学科”与中科院计算技术研究所的建立和早期发展研究. 北京: 中国科学院自然科学史研究所, 2009.
2 王晓红, 谢兰兰, 郭霞. 论我国技术贸易的发展创新. 开放导报, 2021, (1): 24-50.
3 孙凝晖. 论开源精神. 中国计算机学会通讯, 2021, 17(5): 1.
4 包云岗, 孙凝晖, 张科. 处理器芯片开源设计与敏捷开发方法思考与实践. 中国计算机学会通讯, 2019, 15(10): 42-48.

On Dealing with Openness and Self-reliance in Development of Science and Technology

BAO Yungang　SUN Ninghui*
(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract　China leaders have been always emphasizing both openness and self-reliance over the past decades. However, it is challenging for institutes and researchers to properly deal with the two requirements which are considered to be unachievable at the same time. In this study, we propose four openness modes as well as two principles for handling openness and self-reliance in the development of science and technology. This paper presents the case study on how Chinese computer pioneers made strategical

*Corresponding author

decisions on the openness and self-reliance in the very early age of Chinese computer history. We also retrospect the practice of openness in the history of the development of science and technology in China. Finally, we discuss the feasibility of adopting the open-source mode to achieve both openness and self-reliance in the processor area.

Keywords openness, self-reliance, science and technology



包云岗 中国科学院计算技术研究所副所长、研究员，中国科学院大学教授。中国科学院青年创新促进会优秀会员、第三届与第四届理事，中国开放指令生态（RISC-V）联盟秘书长，RISC-V国际基金会理事，《中国科学院院刊》青年专家委员会主任。从事计算机体系结构和开源芯片方向前沿研究，主持研制多款达到国际先进水平的原型系统，相关技术在华为、阿里、英特尔、微软等国内外企业应用。发表学术论文70余篇，长期受邀担任国际顶级会议程序委员会委员。入选ARM全球研究峰会45分钟特邀大会报告，获“CCF-Intel青年学者”奖、“CCF-IEEE CS”青年科学家奖、共青团中央“全国向上向善好青年”荣誉称号等。E-mail: baoyg@ict.ac.cn

BAO Yungang Professor and Deputy Director of Institute of Computing Technology (ICT), Chinese Academy of Sciences (CAS), and Director of the Research Center for Advanced Computer Systems (ACS) of ICT, CAS. His research focuses on computer systems and has been adopted by industry companies including Alibaba, Huawei, Intel, Microsoft, etc. He is on the Board of Director of RISC-V International Foundation and also founded China RISC-V Alliance. He is the Director of the Committee of Young Experts of *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*. He was one of three keynote speakers at ARM Research Summit 2018, the winner of CCF-Intel Young Faculty Award of the year for 2013, and CCF-IEEE CS Young Scientist Award of the year for 2019. He won China's National Lofty Honor for Youth under 40 in 2019. E-mail: baoyg@ict.ac.cn



孙凝晖 中国工程院院士，中国科学院计算技术研究所学术所长、研究员、博士生导师，计算机体系结构国家重点实验室主任、学术委员会副主任，中国科学院大学计算机与控制学院副院长。中国计算机学会高性能计算专业委员会主任，中国计算机学会副理事长，《计算机学报》主编，中国科学院信息科技领域发展路线图战略研究专家组组长。主要研究领域包括高性能计算、计算机体系结构。E-mail: snh@ict.ac.cn

SUN Ninghui Ph.D., Professor, Academician of Chinese Academy of Engineering. He is the Scientific Director of Institute of Computing Technology (ICT), Chinese Academy of Sciences (CAS). He is also the Director of State Key Laboratory of Computer Architecture, Vice Chairman of Academic Committee of the laboratory. Dr. Sun is the Vice President of China Computer Federation (CCF), and the Director of CCF Technical Committee on High Performance Computing (TCHPC). He serves as Editor-in-Chief of *Chinese Journal of Computers*. Currently, Dr. Sun is the leader of the expert group on strategic studies of information technology development roadmap in CAS. His main research interests include high performance computing and computer architecture. E-mail: snh@ict.ac.cn

■责任编辑：岳凌生